

PENGARUH AIR DALAM RESERVOIR BENDUNGAN KOTA PANJANG TERHADAP KELESTARIAN SITUS MUARATAKUS

Kabul Basah Suryolelono *)

ABSTRACT

Situs Muaratakus is one of the 7 archeological situs, they are national property, which must be conserved. Kota Panjang dam located at downstream about 40 km from situs Muaratakus. It's a strategical program of the government province for economic development in Riau and west Sumatera. Caused by raising the water level in dam reservoir, consequently seepage accured in sub soil, soil becomes wet, and wall of the temple becomes humid, so it's easy the growth of fungi and moss at the surface of the wall. It's feared the conservation of the situs Muaratakus disturbed, therefore need of the research about seepage.

The research was conducted to investigate the position of the soil layer, also physical and mecanical characteristic of the soil by taking soil sample. The investigation was run by field test. The types of the test are static penetration and boring tests.

The result showed that the raising water level in the reservoir of Kota Panjang dam influences of the soil moisture content, but it doesn't influence the humadity of the wall, so that the conservation situs Muaratakus doesn't disturbed.

PENDAHULUAN

Situs Muaratakus merupakan situs candi seluas 97,7 ha, secara administratif terletak di desa Muaratakus, Kecamatan XIII Kota Kampar, Kabupaten Kampar, Propinsi Riau. Situs ini terdiri dari gugusan candi Tua, Mahligai, Bungsu, Palangka, Bangunan V, VI yang terletak di dalam suatu pagar keliling berupa tanggul Kuno, sedangkan Bangunan VII berada di luar pagar keliling (Anonim, 1999).

Elevasi halaman situs Muaratakus pada +86,24 m, dan secara keseluruhan bangunan candi merupakan susunan batubata kuno yang bersifat porus. Dasar fondasi dari bangunan candi ini terletak pada kedalaman rerata 1,50 m dari muka tanah setempat atau pada elevasi +84,74 m. Berdasarkan studi yang pernah dilakukan oleh ahli-ahli arkheologi dan penemuan benda-benda kuno, situs Muaratakus dibangun pada abad ke XII sampai dengan XIII masehi (Anonim, 1995).

Untuk itu, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, menempatkan situs Muaratakus sebagai salah satu situs di antara tujuh situs peninggalan yang bersifat nasional selain candi Borobudur di Jawa Tengah, candi Prambanan di Daerah Istimewa Yogyakarta, situs Trowulan di Jawa Timur, situs Muara Jambi di Jambi dan lain-lain (Anonim, 1995). Oleh karena itu situs ini perlu dilestarikan.

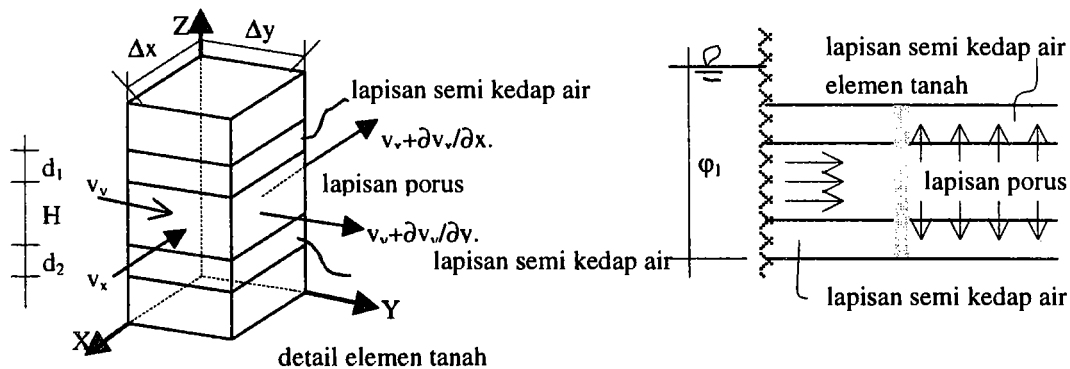
Bendungan Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA) Kota Panjang terletak di Kabupaten Kampar Propinsi

Riau, merupakan program strategis pemerintah daerah dalam pengembangan sektor perekonomian di daerah Pakanbaru, Pasir Pangaraya, Teluk Kuantan dan sekitarnya. Bendungan ini membendung sungai Kampar Kanan di desa Rantau Berangin, dan berjarak ± 40 km ke arah hilir dari situs Purbakala Muaratakus. Puncak bendungan pada elevasi +87,50 m dengan elevasi genangan pada muka air normal (MAN) +83,00 m, dan muka air banjir (MAB) +85,00 m (Anonim, 1996). Kondisi ini, menimbulkan masalah rembesan air genangan yang ada dalam reservoir bendungan ini akan mengganggu kelestarian situs ini, terutama tanah dasar fondasi menjadi tergenang, dan kelembaban dinding candi yang tersusun dari batubata akan meningkat dan menimbulkan jamur, lumut mudah tumbuh, sehingga dinding mudah mengelupas. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terhadap pengaruh rembesan akibat genangan air reservoir terhadap kelestarian situs tersebut.

LANDASAN TEORI

Landasan teori yang digunakan untuk melakukan analisis rembesan air melalui lapisan akuifer (porus) di antara lapisan semi kedap air, digunakan persamaan kontinuitas dan hukum Darcy dengan anggapan tebal lapisan akuifer tetap (H), kecepatan aliran vertikal pada lapisan akuifer adalah kecil dibanding kecepatan aliran horisontal.

*) Dr. Ir. Kabul Basah Suryolelono, Dip. H.E., D.E.A. adalah dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.



Gambar 1. Tinjauan aliran pada elemen tanah dari lapisan aquifer di antara lapisan semi kedap air.

Debit aliran masuk elemen blok tanah pada arah x dan y adalah

$$\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) \Delta x \Delta y H \quad (\text{hukum kontinuitas}) \quad 1)$$

Kecepatan aliran didapat dari hukum Darcy :

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} = -k \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} \quad 2)$$

Persamaan 1) menjadi

$$-k \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} \right) \Delta x \Delta y H$$

dengan k : koefisien permeabilitas horisontal lapisan aquifer (m/s).

Sejumlah air lewat lapisan 1 dari elemen blok tanah, per unit waktu diperoleh

$$-k_1 \left(\frac{\phi - \phi_1}{d_1} \right) \Delta x \Delta y$$

dengan

$\phi - \phi_1$: tinggi hilang yang terjadi pada lapisan 1 (m),

k_1 : koefisien permeabilitas vertikal pada lapisan 1 (m/s),

d_1 : tebal lapisan 1 (m).

$$\text{Analog untuk lapis 2} \quad -k_2 \left(\frac{\phi - \phi_2}{d_2} \right) \Delta x \Delta y$$

Berdasarkan persamaan kontinuitas, jumlah air yang masuk dan keluar ≈ 0 , maka diperoleh

$$kH \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} \right) - \frac{\phi - \phi_1}{c_1} - \frac{\phi - \phi_2}{c_2} = 0 \quad 3)$$

dengan $c_1 = d_1/k_1$ dan $c_2 = d_2/k_2$ merupakan hambatan hidrolis pada lapisan 1 dan 2.

Persamaan 3) merupakan persamaan dasar pengaliran melalui lapisan aquifer setebal H di antara dua lapisan semi kedap air 1 dan 2.

HIPOTESA

Hipotesa dari penelitian ini adalah muka air dalam reservoir bendungan Kota Panjang sampai dengan elevasi + 83,00 m (MAN-muka air normal) maupun elevasi + 85,00 m (MAB-muka air banjir) tidak memberikan pengaruh terhadap kelembaban bangunan candi di lokasi situs Muaratakus.

METODE PENELITIAN

Materi

Materi penelitian merupakan situs Purbakala Muaratakus berada di tepi sungai Kampar Kanan, berjarak $\pm 195,21$ m dari tepi sungai, di desa Muaratakus, Kecamatan XIII Kota Kampar, Kabupaten Kampar Propinsi Riau (Lampiran 1).

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat penetrasi statis berkekuatan 25 kN, untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah keras. Selain alat itu, digunakan pula alat bor tangan untuk pengambilan sampel tanah, selanjutnya sampel di uji di laboratorium untuk mendapatkan karakteristik fisis dan mekanis tanah.

Cara pelaksanaan

Cara pelaksanaan menggunakan alat utama (penetrasi statis) yang dikerjakan dengan cara sebagai berikut ini.

a) Alat ditempatkan di atas lokasi yang telah ditentukan dengan bantuan statif.

- b) Bagian inti alat penetrasi statis ditekan, sehingga ujung konis masuk ke dalam tanah.
- c) Dilakukan pembacaan tekanan yang diberikan (P) pada manometer untuk setiap kedalaman mencapai 20 cm atau kelipatannya.
- d) Uji diulang sampai kedalaman yang diinginkan.
- e) Hasil uji dituangkan ke dalam grafik hubungan antara kedalaman titik yang ditinjau (z), dan nilai konis (q_c) yang dapat dilihat untuk mendapatkan letak kedalaman tanah keras (*bed rock*).

Uji bor dilakukan berdekatan dengan uji penetrasi untuk mendapatkan sampel tanah pada kedalaman yang telah ditentukan atau pada setiap perubahan lapisan tanah.

Analisis Hasil

Analisis Hasil dari hasil uji penetrasi statis, dan analisis laboratorium mekanika tanah dapat dibuat tampang A-A (Lampiran 1) lapisan dan jenis tanah dari arah sungai Kampar Kanan ke lokasi situs Muaratakus (Gambar 2).

Ditinjau dari besarnya koefisien permeabilitas pada lapisan tersebut, dan didasarkan Anonim (1994) untuk $k \geq 10^{-5}$ m/s termasuk tanah lulus air, 10^{-6} m/s $\leq k \leq 10^{-5}$ m/s termasuk semi kedap air, dan $k \leq 10^{-7}$ m/s

termasuk kedap air, maka untuk kondisi di situs Muaratakus tampak bahwa lapis III merupakan tanah porus berada di antara lapis II semi kedap air, dan lapis IV merupakan lapis kedap air (*bed rock*), sehingga persamaan 3) dapat digunakan dengan pengaruh aliran pada lapis 2 ditiadakan, serta aliran terjadi pada satu arah dari tepi sungai ke lokasi candi (arah X).

Persamaan menjadi

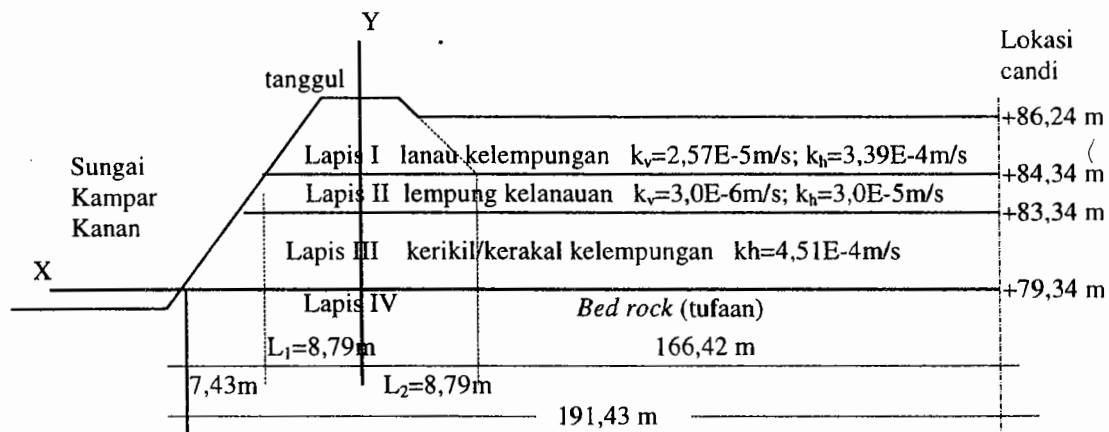
$$kH \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \right) - \frac{\varphi - \varphi_1}{c_1} = 0 \text{ atau}$$

$$\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \right) - \frac{\varphi - \varphi_1}{\lambda^2} = 0 \quad (4)$$

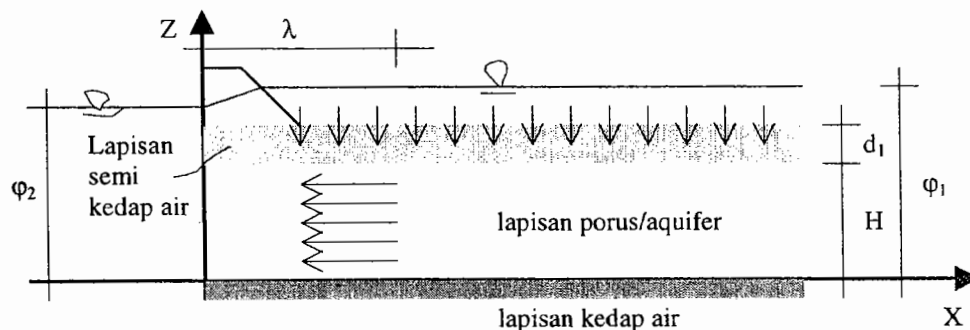
dengan $\lambda = \sqrt{(k.H.c_1)}$ merupakan faktor rembesan. Penyelesaian persamaan 4)

$$\varphi - \varphi_1 = A.e^{\frac{x}{\lambda}} + B.e^{-\frac{x}{\lambda}} \quad (5)$$

dengan A dan B sebagai konstanta. Kondisi persamaan 5) dapat digambarkan sebagai berikut ini (gambar 3).



Gambar 2. Tampang A-A kondisi lapisan tanah dari tepi sungai ke arah situs Muaratakus.



Gambar 3. Kondisi muka air di dalam tanggul lebih tinggi dari muka air di luar tanggul.

Penyelesaian persamaan 5) digunakan batasan

$$x = \infty \rightarrow \phi = \phi_1 \rightarrow A = 0$$

$$x = 0 \rightarrow \phi = \phi_2 \rightarrow B = \phi_2 - \phi_1$$

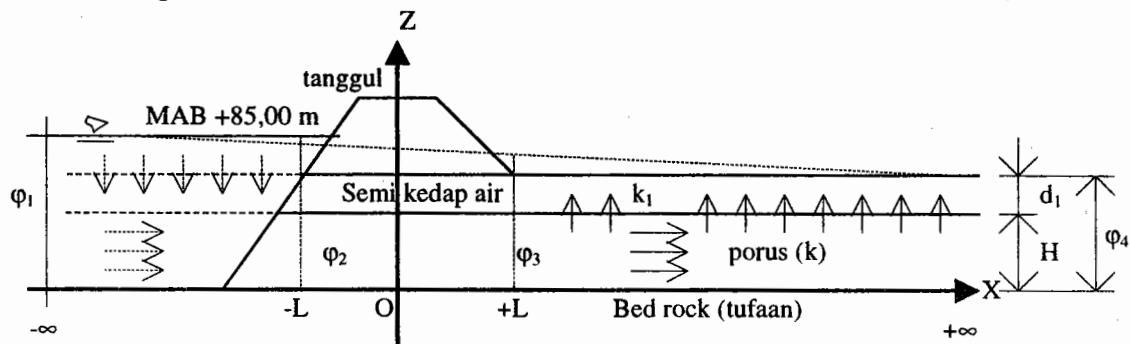
Persamaan 5) menjadi

$$\phi = \phi_1 - (\phi_1 - \phi_2) e^{-\frac{x}{\lambda}} \quad (6)$$

Kondisi muka air genangan di reservoir bendungan Kota Panjang

- muka air normal (MAN) + 83,00 m, terjadi aliran air seperti tinjauan di atas (terutama akibat air *run off*), kejadian ini berlangsung apabila terjadi hujan (daerah situs Muaratakus tepat di daerah equator, hujan terjadi sepanjang tahun),
- muka air banjir (MAB) +85,00 m, terjadi aliran air dari reservoir ke arah situs, kejadian ini berlangsung ± 15 hari (Anonim, 1996).

Pada kondisi muka air di dalam reservoir lebih tinggi dengan muka air di dalam tanggul (MAB), dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4. Aliran air pada kondisi muka air dalam reservoir lebih tinggi dari pada di dalam tanggul.

Penyelesaian analitis digunakan kondisi sebagai berikut ini.

- 1) Dalam daerah $-\infty < x < -L$

Diperoleh dari persamaan 6) dengan mengganti x

menjadi $-(x + L)$ diperoleh $\phi = \phi_1 - (\phi_1 - \phi_2) e^{\frac{x+L}{\lambda}}$ dan debit total pada $x = -L$ sebesar

$$Q = kHB (\phi_1 - \phi_2) / \lambda \quad (7)$$

- 2) Dalam daerah $-L < x < +L$

Tidak terjadi infiltrasi, maka persamaan dasar pada bagian ini $d^2\phi/dx^2 = 0$, penyelesaian persamaan ini adalah $\phi = Ax + B$ dengan A dan B sebagai konstanta. Untuk $x = -L \rightarrow \phi = \phi_2$, dan $x = +L \rightarrow \phi = \phi_3$, sehingga persamaan tersebut menjadi $\phi = \frac{1}{2} (\phi_2 + \phi_3) - \frac{1}{2} (\phi_2 + \phi_3) (x/L)$ dan total debit

$$Q = kHB (\phi_2 - \phi_3) / 2L \quad (8)$$

- 3) Dalam daerah $+L < x < +\infty$

Bocoran terjadi dari lapisan porus ke atas, kondisi

ini seperti di situs Muaratakus, maka persamaan 6) dapat digunakan dengan mengganti $x \rightarrow (x-L)$, dan ϕ_1, ϕ_2 dengan ϕ_3 dan ϕ_4 , maka diperoleh

$$\phi = \phi_4 - (\phi_4 - \phi_3) e^{\frac{x-L}{\lambda}}$$

Untuk $x = +\infty \rightarrow \phi = \phi_4$ dan $x = +L \rightarrow \phi = \phi_3$. Bila $x = L$ besarnya debit total

$$Q = kHB (\phi_3 - \phi_4) / \lambda \quad (9)$$

Persamaan 7), 8) dan 9) adalah sama (persamaan kontinuitas), maka pemecahan persamaan tersebut adalah

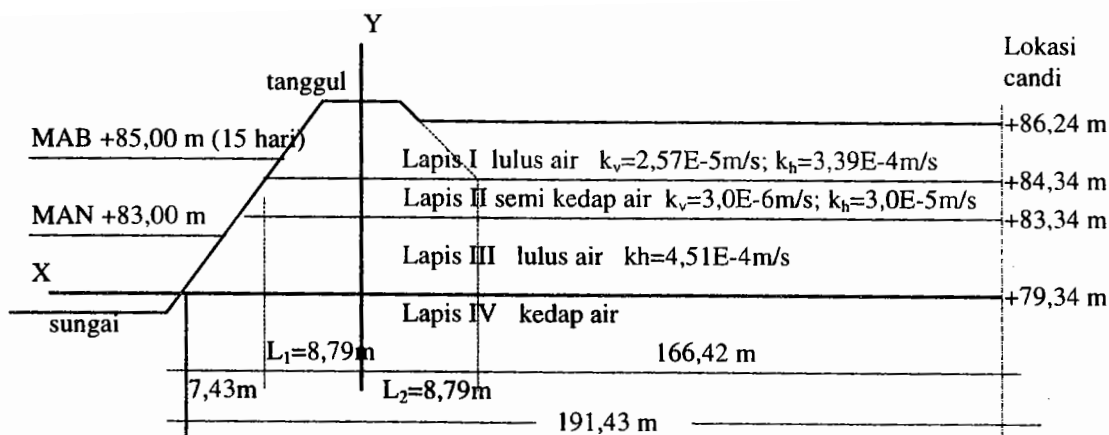
$$\phi_3 = \phi_4 + (\phi_1 - \phi_4) \lambda / (2L + 2\lambda) \text{ dan } Q = kHB (\phi_1 - \phi_4) / (2L - 2\lambda) \text{ dengan } \lambda = \sqrt{(kHc)} \text{ dan } c = d_1/k_1.$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian terhadap jenis tanah di lokasi situs Muaratakus, merupakan lapisan lulus air terletak di antara lapisan semi kedap air di bagian atas (lapisan

II), dan lapisan kedap air di bagian bawah (lapisan IV), lihat Gambar 5.

Pada kondisi muka air normal (MAN) +83,00 m, tidak terjadi aliran air dari arah reservoir ke arah situs. Apabila terjadi hujan di lokasi situs, maka sebagian aliran *run off* akan berinfiltrasi melalui lapisan semi kedap air, meski dalam jumlah sangat kecil, dan sebagian besar air limpasan yang berasal dari *run off* ini dialirkan melalui saluran drainase permukaan dan bawah permukaan tanah. Saluran-saluran ini sudah dibuat, sebelum bendungan PLTA Kota Panjang dibangun, dengan tujuan tanah di sekitar situs Muaratakus agar tetap kering, dan tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap kelembaban dinding bangunan candi. Dinding bangunan candi yang tersusun dari pasangan batu bata, apabila dalam kondisi lembab, mengakibatkan tumbuhnya jamur, lumut yang dapat menimbulkan permukaan batu bata mengelupas, sehingga kelestarian situs Muaratakus menjadi terganggu.



Gambar 5. Kondisi muka air genangan setelah reservoir bendungan terisi.

Pada kondisi muka air banjir (MAB) +85,00 m, terjadi aliran air dari arah reservoir bendungan Kota Panjang ke arah situs. Lokasi situs dari tepi reservoir (elevasi muka air +85,00 m) berjarak $\pm 184,00$ m, dan terjadi selama 15 hari. Tinggi muka air di bawah lokasi candi (tinggi muka air rembesan) 4,035 m dari bidang referensi (sumbu X) atau pada elevasi +83,375 m atau $\pm 3,5$ cm di atas dasar lapisan semi kedap air (elevasi +83,34 m), dan masih berada pada kedalaman 2,865 m dari elevasi halaman candi (+86,24 m), sedang dasar fondasi bangunan candi berada pada elevasi +84,74 m. Dari hasil penggalian di lapangan, tampak di bawah dasar fondasi ini, merupakan perbaikan tanah dasar fondasi setebal ± 50 cm, berupa tanah pasir yang dipadatkan (Anonim, 1999), ini berarti dasar perbaikan tanah menumpang di atas lapisan semi kedap air. Tampak muka air di dalam reservoir bendungan Kota Panjang tidak memberikan pengaruh yang berarti pada kelestarian situs Muaratakus.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian tersebut di atas, dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut ini.

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah kondisi lapisan tanah yang berlapis-lapis, tetap dipertahankan keberadaannya, karena lapisan semi kedap air (lapisan II) bekerja sebagai penghalang terjadinya rembesan dari lapisan di bawahnya (lapisan III). Kondisi tanah pada lapisan I, merupakan lapisan tanah porus, sehingga pada saat terjadi hujan, sebagian air hujan akan segera berinfiltrasi pada lapisan I, dan tertahan di lapisan II. Untuk itu, perlu diperhatikan sistem drainase, baik drainase permukaan

maupun bawah permukaan. Kenaikan muka air dalam reservoir bendungan Kota Panjang berpengaruh terhadap tanah di lapisan III menjadi terendam air, dan tertahan di lapisan II karena nilai permeabilitas tanah di lapisan ini kecil (10^{-6} m/s), dan pengaruh kapilerisasi air dari bawah ke arah bangunan candi sangat kecil, selain pengaruh kapilerisasi ini akan dihambat pula oleh lapisan perbaikan tanah dasar fondasi, sehingga tidak berpengaruh terhadap kelembaban dinding bangunan candi, dan tidak mengganggu kelestarian situs Muaratakus.

Saran

Saran yang diberikan adalah sistem drainase pada dinding keliling bangunan candi (bagian yang ada di bawah permukaan tanah) sangat diperlukan dengan memasang konstruksi *core drain*, agar dinding tetap kering, sehingga menghambat populasi jamur dan lumut yang dapat merusak dinding batu bata, karena kelembaban dinding bangunan candi berasal dari air *run off* yang meresap ke dalam tanah lapisan I. Sistem drainase ini perlu dikombinasi dengan sistem drainase permukaan dan bawah permukaan tanah yang sudah ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Balai Studi dan Konservasi Borobudur Magelang, Suaka Peninggalan Sejarah dan Purbakala Propinsi Sumatera Barat-Riau, dan Direktorat Perlindungan dan Pembinaan Peninggalan Sejarah dan Purbakala (Ditlinbinjarah) Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Jakarta yang telah memberi kesempatan dan bantuannya pada penulis untuk melakukan penelitian ini.

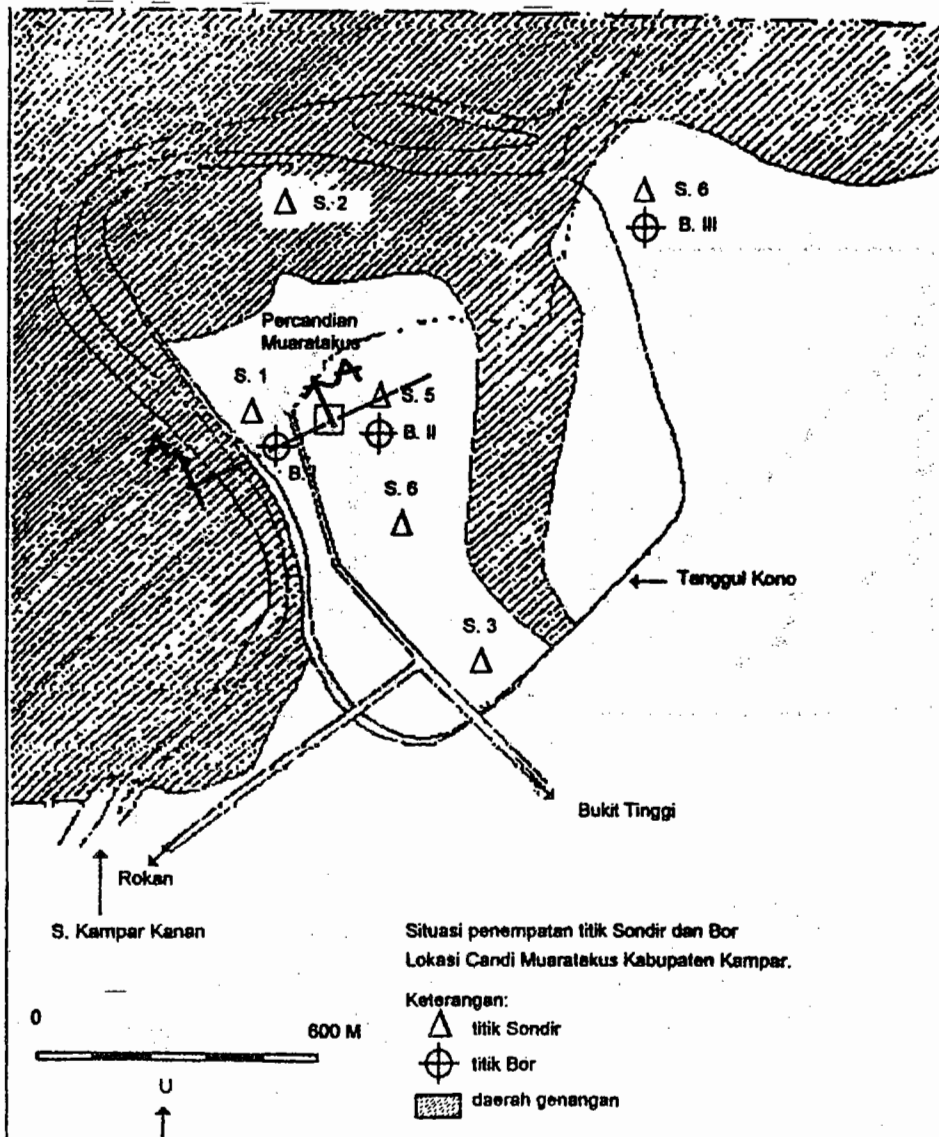
DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1994, Pedoman kriteria design embung kecil untuk daerah semi kering di Indonesia, Pusat Litbang Pengairan Badan Litbang Pekerjaan Umum Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1995, Studi pelestarian dan pemanfaatan situs Muaratakus, Suaka Peninggalan Sejarah dan Purbakala (SPSP) Sumatera Barat-Riau.
- Anonim, 1996, Kajian teknis dan lingkungan hidup kegiatan perlindungan dan kelestarian situs Muaratakus, PT PLN (Persero) Proyek Induk Pembangkit dan Jaringan Sumatera Barat dan Riau, Bukittinggi.

- Anonim, 1999, Studi geoteknik situs Muaratakus Propinsi Riau, Balai Studi dan Konservasi Borobudur, Magelang.
- Costet, J., dan Sanglerat, G., 1982, Cours pratique de mecanique des sols, jilid 2, Dunod, Paris, Perancis.
- Sanglerat, G., 1972, The penetrometer and soil exploration, jilid 1, Elsevier Publ. Comp., Amsterdam.
- Verruijt, A., 1970, Theory of groundwater flow, Macmillan and C. Ltd., London.

Lampiran 1.

LOKASI PENELITIAN PERCANDIAN MUARATAKUS DAN PETA GENANGAN AIR WADUK KOTA PANJANG (ELEVASI GENANGAN TERTINGGI + 85,000 M)



Lampiran 2.

Hasil Uji Laboratorium Mekanika Tanah untuk Sifat Fisis dan Mekanis Tanah

Letak sampel (m)	Gs	w (%)	γ (gr/cc)	e	n (%)	Sr (%)	Klasifikasi MIT			K (10^{-8} cm/s)	Triaxial UU	
							pasir	lanau	lempung		ϕ	c kg/cm ²
B-I -2,70-3,00 m	2,63	24,9	2,031	0,61	38,1	99,4	27,5	22,0	50,0	1,14	13	0,211
B-II -2,00-2,30 m	2,67	26,0	2,005	0,68	40,4	97,2	20,0	18,5	61,5	2,66	13	0,281
B-III -2,70-3,00 m	2,62	63,0	1,985	1,15	53,5	74,4	22,0	35,0	43,0	1,90	13	0,274

Hasil uji penetrasi sondir.

